

# Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/EP05/050669

International filing date: 16 February 2005 (16.02.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: DE  
Number: 10 2004 008 904.3  
Filing date: 24 February 2004 (24.02.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 26 April 2005 (26.04.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland  
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

14.04.2005

PCT/EP2005/050669

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 10 2004 008 904.3

**Anmeldetag:** 24. Februar 2004

**Anmelder/Inhaber:** Siemens Aktiengesellschaft, 80333 München/DE

**Bezeichnung:** Vorrichtung und Verfahren zur Bestimmung von  
Raumkoordinaten eines Objekts

**IPC:** G 01 B 11/25

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 11. April 2005  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
Im Auftrag





## Beschreibung

Vorrichtung und Verfahren zur Bestimmung von Raumkoordinaten eines Objekts

5

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Bestimmung von Raumkoordinaten eines Objekts mit:

- einem Projektor, der auf das Objekt ein Muster mit bekannten Projektionsdaten projiziert;
- 10 - einer Kamera, die ein Objektbild des auf das Objekt projizierten Musters erzeugt;
- einer der Kamera nachgeschalteten Datenverarbeitungseinheit, die aus dem Objektbild und den bekannten Projektionsdaten Raumkoordinaten des Objekts bestimmt.

15

Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zur Bestimmung von Raumkoordinaten eines Objekts mit den Verfahrensschritten:

- Projektion eines Musters mit bekannten Projektionsdaten auf ein Objekt,
- 20 - Erzeugen eines Objektbilds mit Hilfe einer Kamera und
- Bestimmen der Raumkoordinaten aus den bekannten Projektionsdaten in einer Datenverarbeitungseinheit.

Eine derartige Vorrichtung und ein derartiges Verfahren sind aus der DE 199 63 333 A1 bekannt. Bei der bekannten Vorrichtung und dem bekannten Verfahren wird von einem Projektor ein zweidimensionales Farbmuster auf die Oberfläche des zu untersuchenden Objekts projiziert. Eine Kamera, deren Lage bezüglich des Projektors bekannt ist, erfasst das auf das Objekt projizierte Farbmuster. Mit Hilfe eines Triangulationsverfahrens können anschließend die dreidimensionalen Koordinaten eines Punkts auf der Oberfläche des Objekts berechnet werden.

35 Die bekannte Vorrichtung und das bekannte Verfahren eignen sich insbesondere zur Vermessung von großflächigen einfarbigen Gegenständen. Wenn die Oberfläche des zu vermessenden Ob-

jekts jedoch in räumlicher Hinsicht oder in Bezug auf die Einfärbung des Objektes kleinteilig strukturiert ist, ist es häufig schwierig, das Objektbild zu analysieren, da entweder das projizierte Muster aufgrund von Abschattungen oder Kanten  
5 nur unvollständig im Objektbild enthalten ist oder weil das projizierte Farbmuster durch die Einfärbung der Oberfläche des zu vermessenden Objekts verfälscht wird. Darüber hinaus ist die Ortsauflösung des bekannten Verfahrens eingeschränkt, da zur Codierung der Projektionsdaten im Farbmuster Farbflächen mit einer bestimmten räumlichen Ausdehnung verwendet  
10 werden müssen.

Ausgehend von diesem Stand der Technik liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zu  
15 schaffen, mit denen sich auch kleinteilig strukturierte Oberflächen eines zu vermessenden Objekts mit großer Genauigkeit erfassen lassen.

Diese Aufgabe wird durch eine Vorrichtung und ein Verfahren mit den Merkmalen der unabhängigen Ansprüche gelöst. In davon  
20 abhängigen Ansprüchen sind vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen angegeben.

Die Vorrichtung zeichnet sich dadurch aus, dass wenigstens  
25 eine weitere Kamera ein weiteres Objektbild erzeugt und die Datenverarbeitungseinheit aus den Objektbildern mittels eines Triangulationsverfahrens zusätzliche Raumkoordinaten des Objekts bestimmt.

Bei der Vorrichtung können die Raumkoordinaten auf zweierlei  
30 Weise bestimmt werden. Zum einen ist es möglich, die Musterbilder unabhängig voneinander auf der Grundlage der bekannten Projektionsdaten des projizierten Musters auszuwerten. Vorzugsweise werden dabei die Raumkoordinaten aus den Muster-  
35 bildern auf der Grundlage der Projektionsdaten des projizierten Musters bestimmt. Erst wenn einem Bildpunkt in einem der beiden Musterbilder keine Raumkoordinaten zugeordnet werden

können, werden in den beiden Musterbildern zueinander korrespondierende Bildpunkte gesucht und aus den Bildkoordinaten mit Hilfe eines Triangulationsverfahrens versucht, die fehlenden Raumkoordinaten zu bestimmen.

5

Bei einer bevorzugten Ausführungsform der Vorrichtung und des Verfahrens werden die zueinander korrespondierenden Bildpunkte entlang so genannter Epipolarlinien gesucht. Die Epipolarlinien sind die Projektion der einem Bildpunkt eines Musterbilds zugeordneten Sichtlinie in ein anderes Musterbild. Das auf das zu vermessende Objekt projizierte Muster ist dabei vorzugsweise so ausgebildet, dass die Epipolarlinien eine Vielzahl von Musterflächen durchqueren, so dass bei der Suche entlang der Epipolarlinien auf die im projizierten Muster codierte Ortsinformation zurückgegriffen werden kann.

15

Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform enthält das auf das Objekt projizierte Muster redundant codierte Ortsinformationen. Dadurch können Fehler beim Decodieren des Musters eliminiert werden.

20

Weitere Eigenschaften und Vorteile der Erfindung gehen aus der nachfolgenden Beschreibung hervor, in der Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der beigefügten Zeichnung erläutert werden. Es zeigen:

Fig. 1 eine Vorrichtung zur Bestimmung der räumlichen Struktur eines Objekts; und

30 Fig. 2 eine Darstellung der Vorrichtung aus Fig. 1 mit eingezeichneten Sichtlinien und Bildkoordinatensystemen.

Fig. 1 zeigt eine Messvorrichtung 1 zur Bestimmung der räumlichen Struktur eines Objekts 2. Die Messvorrichtung 1 umfasst einen Projektor 3, der ein Muster 4 auf eine Oberfläche 5 des Objekts 2 projiziert. Neben dem Projektor 3 sind Kame-

35

ras 6 angeordnet, die das auf das Objekt 2 projizierte Muster 4 erfassen. Die Kameras 6 sind jeweils an einem Rechner 7 angeschlossen.

5 Die Kameras 6 erzeugen die in Fig. 2 dargestellten Musterbilder 8 und 9. Die Lagen von Bildpunkten  $S_l$  und  $S_r$  in den Musterbildern 8 und 9 werden mit Hilfe von Bildkoordinatensystemen 10 und 11 beschrieben. Weiterhin sind in Fig. 2 Objektivkoordinatensysteme 12 und 13 dargestellt, die die Lage von  
10 Objektiven der Kameras 6 verdeutlichen. In der Praxis befinden sich die Musterbilder 8 und 9 in Strahlrichtung hinter den Objektiven der Kameras 6 und 7. Der Einfachheit halber sind jedoch in Fig. 2 die Musterbilder 8 und 9 in Strahlrichtung vor den Objektivkoordinatensystemen 12 und 13 eingezeichnet. An den geometrischen Verhältnissen ändert sich jedoch dadurch nichts.

Ferner sind in Fig. 2 Sichtlinien 14 und 15 eingezeichnet, die jeweils von einem Objektpunkt S auf der Oberfläche 5 des  
20 Objekts 2 zu einem Ursprung  $O_l$  des Objektivkoordinatensystems 12 und zu einem Ursprung  $O_r$  des Objektivkoordinatensystems 13 verlaufen. Entlang der Sichtlinien 14 und 15 wird der Objektpunkt S im Musterbild 8 auf den Bildpunkt  $S_l$  und im Musterbild 9 auf den Bildpunkt  $S_r$  abgebildet. Die Bildpunkte  $S_l$  und  
25  $S_r$  werden auch als korrespondierende Bildpunkte bezeichnet. Die zueinander korrespondierenden Bildpunkte  $S_l$  und  $S_r$  liegen auf epipolaren Linien 16 und 17, die jeweils die Projektion der Sichtlinien 14 und 15 in das jeweils andere Musterbild 8 und 9 sind.

30 Die Oberflächenkoordinaten der Oberfläche 5 des Objekts 2 können bei der Messvorrichtung 1 zum einen gemäß dem Strukturierten-Licht-Ansatz bestimmt werden. Bei diesem Verfahren wird beispielsweise wie in Fig. 1 und 2 dargestellt, das zu  
35 vermessende Objekt mit einem Streifenmuster beleuchtet. Zu jedem Bildpunkt in den Musterbildern 8 und 9 ist nun die Ebene zu identifizieren, in der der Objektpunkt S liegt, der dem

Bildpunkt  $S_l$  oder Bildpunkt  $S_r$  entspricht. Diese Aufgabe wird auch als Identifikationsproblem bezeichnet. Da die Winkel bekannt sind, unter denen ein Streifen des Musters 4 auf das Objekt 2 projiziert wird, kann der Winkel der Sichtlinie 14  
 5 oder 15 nach Identifikation der jeweiligen Ebene oder des jeweiligen Streifens im Musterbild 8 oder 9 bestimmt werden. Da ferner der Abstand zwischen dem Projektor 3 und der jeweiligen Kamera 6 bekannt ist, kann durch Triangulation der Abstand des Objektpunkts S aus einem der Musterbilder 8 oder 9  
 10 bestimmt werden.

Beim Codierten-Licht-Ansatz, einer abgewandelten Ausführungsform des Strukturierten-Licht-Ansatzes, wird das Identifikationsproblem dadurch gelöst, dass nacheinander verschiedene,  
 15 aus Streifen zusammengesetzte Muster 4 auf das Objekts 2 projiziert werden, wobei die Streifenbreiten der Muster 4 variieren. Für jede dieser Projektionen wird ein Musterbild 8 oder 9 aufgenommen und für jeden Bildpunkt im Musterbild 8 oder 9 wird die jeweilige Farbe festgestellt. Bei Schwarz-  
 20 Weiß-Bildern beschränkt sich die Feststellung der Farbe auf die Feststellung, ob der jeweilige Objektpunkt hell oder dunkel erscheint. Für jeden Bildpunkt ergibt nun die Feststellung der bei einer bestimmten Projektion angenommenen Farbe einen mehrstelligen Code, durch den die Ebene identifiziert werden kann, in der der zugehörige Objektpunkt S liegt.

Mit dieser Ausführungsform des Codierten-Licht-Ansatzes lassen sich besonders hohe Auflösungen erzielen. Weil jedoch bei diesem Verfahren jeder Objektpunkt S während der Projektion  
 30 seine Lage beibehalten muss, eignet sich das Verfahren nur für statische unbewegte Objekte, aber nicht für sich bewegende oder sich verformende Objekte, wie beispielsweise Personen oder bewegte Objekte auf einer Transporteinrichtung.

35 Bei einer modifizierten Ausführungsform des Codierten-Licht-Ansatzes werden die jeweiligen Ebenen räumlich in ein- oder zweidimensionalen Mustern codiert, indem die Projektsdaten



- oder Ortsinformationen durch Gruppen von benachbarten verschiedenfarbigen Streifen oder Rechtecken oder durch verschiedene Symbole codiert werden. Die Gruppen von benachbarten verschiedenfarbigen Streifen oder Rechtecken, die eine Ortsinformation enthalten, werden im Folgenden Marken genannt. Eine derartige Marke besteht beispielsweise aus der horizontalen Folge von jeweils vier benachbarten farbigen Streifen, wobei die einzelnen Marken auch überlappen können. Die in den Musterbildern 8 und 9 enthaltenen räumlichen Marken werden im Rechner 7 decodiert und dadurch werden die Ortsinformationen zurückgewonnen. Wenn die Marken vollständig in den Musterbildern 8 und 9 sichtbar sind, lassen sich mit diesem Verfahren die Koordinaten der Oberfläche 5 des Objekts grundsätzlich auch dann gewinnen, wenn sich das Objekt 2 bewegt. Die Zuverlässigkeit bei der Decodierung der Marken kann noch weiter gesteigert werden, indem zur Codierung der Marken redundante Codes verwendet werden, die das Erkennen von Fehlern erlauben.
- 20 Die Decodierung derartiger Codes kann mit handelsüblichen Arbeitsplatzrechnern 7 in Echtzeit durchgeführt werden, da für jeden Bildpunkt des Musterbilds 8 oder 9 nur eine begrenzte Umgebung analysiert werden muss.
- 25 Wenn die zu vermessende Oberfläche 5 jedoch räumliche Strukturen aufweist, die kleiner als die projizierten Marken sind, kann es zu Schwierigkeiten bei der Decodierung kommen, da unter Umständen Marken nicht vollständig sichtbar sind. Darüber hinaus kann die Reflexion an der Oberfläche 5 auch gestört sein. Beispielsweise kann die Oberfläche 5 selbst ein Streifenmuster zeigen, das das auf die Oberfläche 5 projizierte Muster 4 stark stört. Ein solches das projizierte Muster 4 stark störendes Muster ist beispielsweise das Streifenmuster eines Barcodes. Weiterhin treten an den Rändern des Objekts 2 häufig Ungenauigkeiten bei der Bestimmung der Raumkoordinaten auf, da die Marken entlang den Rändern des Objekts abrupt abbrechen.

Bei der Messvorrichtung 1 ist zur Lösung dieser Probleme eine Vielzahl von Kameras 6 vorgesehen. Gegebenenfalls können auch mehr als zwei Kameras 6 bei einer Messvorrichtung von der Art der Messvorrichtung 1 verwendet werden.

In einem ersten Verfahrensschritt werden die von den  $n$  Kameras 6 aufgenommenen Musterbilder 8 und 9 gemäß dem Strukturierten-Licht-Ansatz ausgewertet. Daraus ergeben sich dann  $n$  Tiefenkarten. Im Allgemeinen treten jedoch in diesen Tiefenkarten Bereiche auf, in denen aus den oben genannten Gründen kein Tiefenwert bestimmt werden konnte. In den meisten Fällen ist der Anteil der Problembereiche, in denen keine Tiefenwerte bestimmt werden können, bezüglich der Gesamtfläche verhältnismäßig klein.

In einem zweiten Verfahrensschritt wird nun eine Stereoverarbeitung nach dem Prinzip des Stereosehens durchgeführt.

Gemäß dem Prinzip des Stereosehens lassen sich die Koordinaten der Oberfläche 5 des Objekts 2 gewinnen, indem die Oberfläche 5 von den Kameras 6 aus aufgenommen wird, wobei die Positionen der Kameras 6 genau bekannt sind. Wenn, wie in Fig. 2 dargestellt, die einem Objektpunkt  $S$  zugeordneten Bildpunkte  $S_l$  und  $S_r$  in den Musterbildern 8 und 9 identifiziert werden können, folgt die räumliche Position des Objektpunkts  $S$  aus dem Schnitt der mindestens zwei Sichtlinien 14 und 15. Je zwei Positionen der Kameras 6 und der Objektpunkt  $S$  bilden ein Dreieck mit einer Basis 18 bekannter Länge und bekannten Basiswinkeln  $\varphi_l$  und  $\varphi_r$ . Damit lassen sich die Koordinaten des Objektpunkts  $S$  auf der Oberfläche 5 mit Hilfe der so genannten Triangulation bestimmen.

Allerdings ist das Auffinden von korrespondierenden Bildpunkten  $S_l$  und  $S_r$  mit Problemen behaftet. Die Lösung des Korrespondenzproblems wird zwar zunächst dadurch vereinfacht, dass ein Objektpunkt  $S$  mit Bildpunkt  $S_l$  auf der durch  $S_l$  und die

bekannte Kamerageometrie festgelegten Sichtlinie 14 liegen muss. Die Suche nach den Bildpunkten  $S_r$  im Musterbild 9 kann sich also auf die Projektion der Sichtlinie 14 in die Bildebene der anderen Kamera 6, auf die so genannte Epipolarlinie 17 beschränken. Dennoch bleibt die Lösung des Korrespondenzproblems insbesondere unter Echtzeitbedingungen schwierig.

Grundsätzlich besteht zwar die Möglichkeit, bestimmte Annahmen über das Musterbild 8 oder 9 zu treffen. Beispielsweise kann die Annahme getroffen werden, dass die Musterbilder 8 und 9 annähernd gleich aussehen ("Similarity Constraint"), oder angenommen werden, dass die räumliche Reihenfolge der Merkmale des Objekts 2 in allen Musterbildern 8 und 9 gleich ist ("Ordering Constraint"). Diese Annahmen treffen aber nicht unter allen Umständen zu, da das Aussehen des Objekts 2 stark vom Betrachtungswinkel abhängt.

Bei der Messvorrichtung 1 wird die Lösung des Korrespondenzproblems jedoch dadurch vereinfacht, dass auf das Objekt 2 das bekannte Muster 4 projiziert wird. Bei der Messvorrichtung 1 braucht daher nur entlang der Epipolarlinien 16 und 17 nach entsprechenden Markenteilen gesucht werden. Insbesondere bei einfarbigen Flächen ist das ein wesentlicher Vorteil.

Darüber hinaus wird der Stereoverarbeitungsschritt anschließend in den Problembereichen durchgeführt, in denen der Strukturierte-Licht-Ansatz keine Raumkoordinaten des Objekts 2 liefern konnte. Häufig handelt es sich bei den Problembereichen um Bereiche mit ausgeprägter optischer Struktur, die durch die Projektion des Musters 4 noch verstärkt wird. Die Problembereiche sind daher für eine Verarbeitung nach dem Prinzip des Stereosehens im Allgemeinen gut geeignet.

Ferner kann der Stereoverarbeitungsschritt dazu verwendet werden, die Ortsauflösung zu steigern, da auch innerhalb der Marken Korrespondenzpunkte bestimmt werden können. So ist es mit dem kombinierten Verfahren möglich, nicht nur den Marken-

grenzen oder anderen Markenmerkmalen, sondern jedem Pixel oder Bildpunkt der Kameras 6 einen genauen Tiefenwert zuzuordnen.

- 5 Schließlich können durch die Anwendung der Messvorrichtung 1 Abschattungen vermieden werden, denn die Tiefenwerte können bereits dann berechnet werden, wenn ein Bereich der Oberfläche 5 im gemeinsamen Sichtfeld von wenigstens zwei Kameras 6 oder einer Kamera 6 und dem Projektor 3 liegt.

10

Somit ist es mit der Messvorrichtung 1 im Gegensatz zu herkömmlichen Messvorrichtungen möglich, auch bei sehr kleinen oder sehr bunten Objekten mit vielen Tiefensprüngen unter unkontrollierten Aufnahmebedingungen, zum Beispiel bei starkem  
15 Fremdlicht, mit einem einzigen Paar von Musterbildern 8 und 9 genaue dreidimensionale Daten von sehr hoher Auflösung zu gewinnen. Insbesondere lassen sich dreidimensionale Daten von bewegten Objekten 2 bestimmen, wie beispielsweise von vorbeilaufenden Personen oder von Gegenständen auf einem Fließband.  
20 Die Auswertung der von den Kameras 6 gelieferten Daten kann auf einem handelsüblichen Arbeitsplatzrechner in Echtzeit erfolgen.

Im Vergleich zu einer Vorrichtung, die allein nach dem Prinzip des Stereosehens arbeitet, ist die Messvorrichtung 1 deutlich effizienter, und aufgrund der redundanten Codierung der Muster 4 erheblich zuverlässiger. Darüber hinaus liefert die Messvorrichtung 1 auch bei optisch unstrukturierten Oberflächen zuverlässige Daten und trägt zur Reduzierung von Abschattungen bei.  
30

Im Vergleich zu Vorrichtungen, die ausschließlich nach dem Strukturierten-Licht-Ansatz arbeiten, liefert die Messvorrichtung 1 genauere Daten bei Objektkanten und kleinen Oberflächen 5. Ferner werden auch dann genaue Daten erzeugt, wenn die Reflexion der Marken gestört ist. Schließlich kann auch eine höhere räumliche Auflösung erzielt werden. Auch Abschatt-

35

tungen werden im Vergleich zum Stand der Technik besser unterdrückt.

Die hier beschriebene Messvorrichtung 1 eignet sich für die robuste Erfassung von fein strukturierten Oberflächen in Echtzeit auch bei sich schnell bewegenden, farbigen Objekten 2 in unkontrollierten Umgebungen wie im Freien, in öffentlichen Gebäuden oder in Fabrikhallen. Im Zusammenhang mit der Konstruktion besteht die Notwendigkeit, Gegenstände für Nachbauten, für die Herstellung von Ersatzteilen oder der Erweiterung bestehender Anlagen oder Maschinen dreidimensional zu vermessen. Diese Aufgaben können mit Hilfe der Messvorrichtung 1 erfüllt werden. Auch in der Qualitätssicherung kann die Messvorrichtung 1 eingesetzt werden. Die Messvorrichtung 1 ist ferner für die Identifizierung und Authentifizierung von Personen anhand biometrischer Merkmale geeignet; zum Beispiel für die Gesichtserkennung oder die dreidimensionale Verifikation durch eine Überprüfung der Handgeometrie. Die Messvorrichtung 1 kann ferner auch für Aufgaben wie die Qualitätskontrolle von Lebensmitteln oder das dreidimensionale Erfassen von Gegenständen für die Modellierung von Objekten für virtuelle Realitäten im Multimedia- und Spielbereich eingesetzt werden.

## Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Bestimmung von Raumkoordinaten eines Objekts (2) mit:
  - 5 - einem Projektor (3), der auf das Objekt (2) ein Muster (4) mit bekannten Projektionsdaten projiziert,
  - mit einer Kamera (6), die ein Objektbild (8) des auf das Objekt (2) projizierten Musters (4) erzeugt, und mit
  - 10 - einer der Kamera (6) nachgeschalteten Datenverarbeitungseinheit (7), die aus dem Objektbild (8) und den bekannten Projektionsdaten Raumkoordinaten des Objekts (2) bestimmt,dadurch gekennzeichnet, dass
- 15 wenigstens eine weitere Kamera (6) ein weiteres Objektbild (9) erzeugt und die Datenverarbeitungseinheit (7) aus den Objektbildern (8, 9) mittels eines Triangulationsverfahrens zusätzliche Raumkoordinaten des Objekts (2) bestimmt.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1,  
20 dadurch gekennzeichnet, dass  
das Muster (4) redundant codierte Projektionsdaten enthält.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
Epipolarlinien (16, 17) eine Vielzahl von Marken des Musters (4) durchqueren.
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
30 die Datenverarbeitungseinheit (7) die Suche nach korrespondierenden Bildpunkten ( $S_1$ ,  $S_r$ ) auf Problembereiche beschränkt, in denen eine Auswertung der Musterbilder (8, 9) allein ein fehlerhaftes Ergebnis liefert.
- 35 5. Verfahren zur Bestimmung von Raumkoordinaten eines Objekts (2) mit den Verfahrensschritten:

- Projektion eines Musters (4) mit bekannten Projektionsdaten auf ein Objekt (2);
  - Erzeugen eines Objektbilds (8) mit Hilfe einer Kamera (6); und
- 5 - Bestimmen der Raumkoordinaten aus den bekannten Projektionsdaten in einer Datenverarbeitungseinheit (7), dadurch gekennzeichnet, dass
- mit Hilfe einer weiteren Kamera (6) ein weiteres Objektbild (9) aufgenommen wird und dass bei einer fehlerhaften Bestimmung der Raumkoordinaten auf der Grundlage der Projektionsdaten und einem der Musterbilder (8, 9) zusätzliche Raumkoordinaten des Objekts (2) durch eine Suche nach korrespondierenden Bildpunkten ( $S_1$ ,  $S_r$ ) in den Objektbildern (8, 9) und eine nachfolgende Triangulation bestimmt werden.
- 15
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass
- korrespondierenden Bildpunkte ( $S_1$ ,  $S_r$ ) entlang von epipolaren Linien (16, 17) gesucht werden.
- 20

# Zusammenfassung

Vorrichtung und Verfahren zur Bestimmung von Raumkoordinaten eines Objekts

5

Eine Messvorrichtung (1) zur Bestimmung von dreidimensionalen Objektdaten weist neben einem Projektor (3) wenigstens zwei Kameras (6) auf, die vom Objekt (2) verschiedene Objektbilder aufnehmen. Diese Objektbilder können in einer Datenverarbeitungseinheit (7) nach dem Strukturierten-Licht-Ansatz und nach dem Prinzip des Stereosehens verarbeitet werden. Dadurch lässt sich die Zuverlässigkeit der gewonnenen Daten wesentlich steigern.

10

15

Figur 1



FIG 1

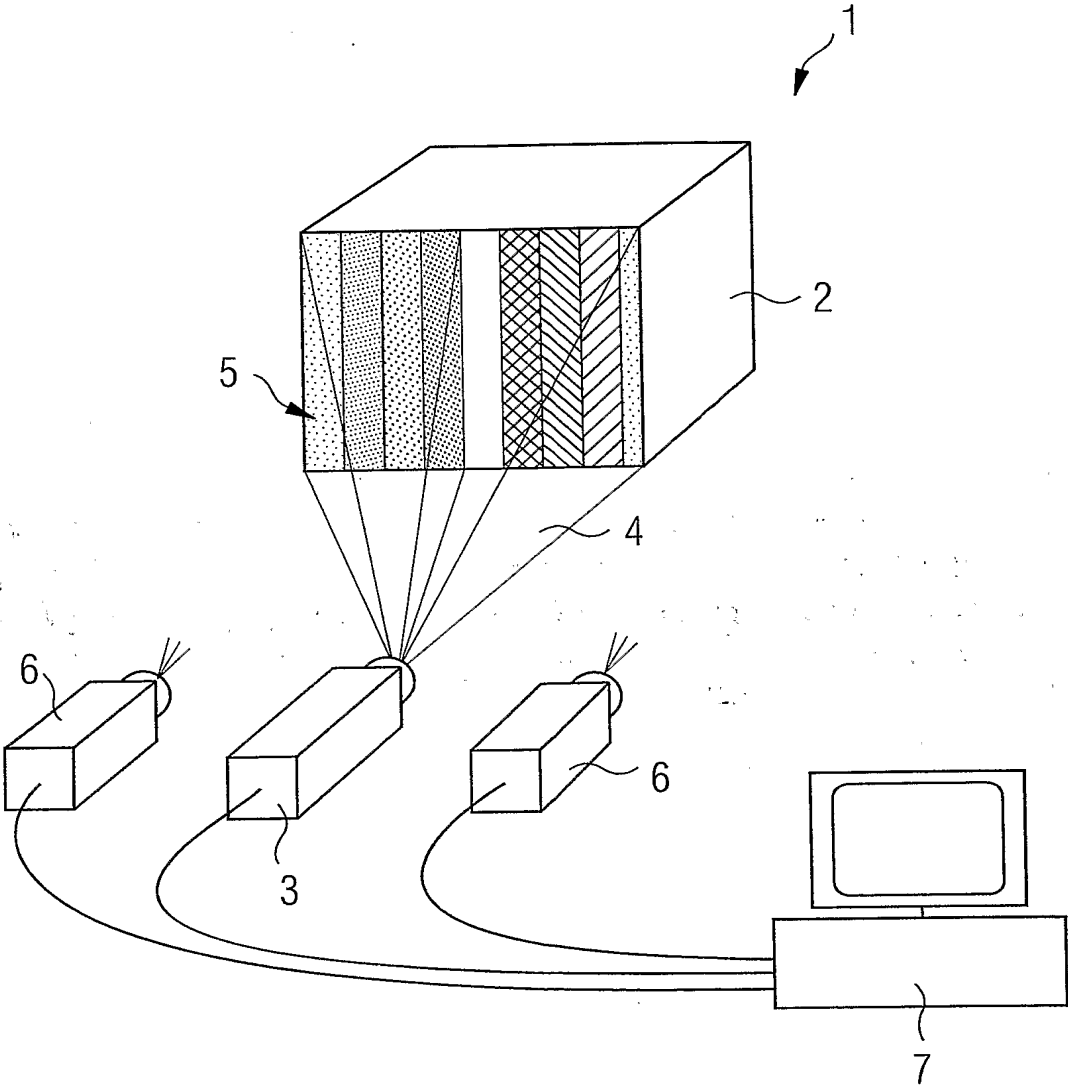


FIG 2

